

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-145108

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/306

H 0 1 L 21/306

B

B 2 3 K 26/00

3 3 0

B 2 3 K 26/00

3 3 0

H 0 1 L 21/3205

H 0 1 L 21/316

U

// H 0 1 L 21/316

21/306

J

21/88

Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平9-302695

(22) 出願日

平成9年(1997)11月5日

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 大原 淳士

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 笹谷 卓也

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 川原 伸章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

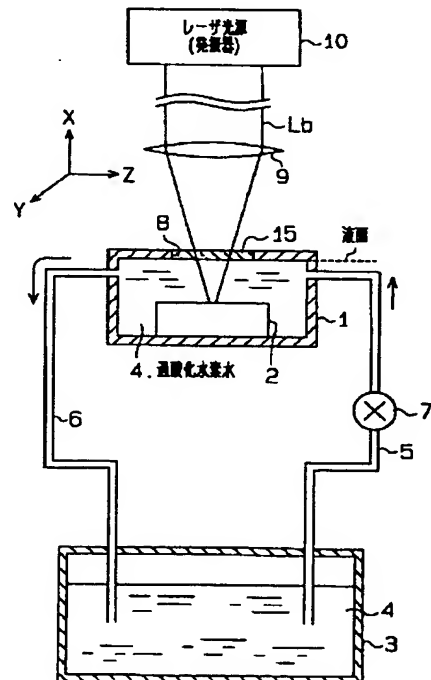
(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

(54) 【発明の名称】 微細加工方法および微細加工装置

(57) 【要約】

【課題】 高アスペクト比を有する微細な穴加工を行うことができ、かつ、穴内壁に酸化膜を形成する工程を同時に達成することができる微細加工方法および微細加工装置を提供する。

【解決手段】 装置構造として、加工槽1と過酸化水素水4とレーザー光源10とを備え、シリコン基板2を過酸化水素水4の中に浸漬した状態で、レーザー光Lbを被加工物に照射する。すると、過酸化水素水4中でのレーザー光Lbの照射により過酸化水素水4の気化現象により加工箇所から気泡が発生し、加工先端部の溶融物を、気泡に付着させる形で加工穴の外部に排出させるとともに、気泡の中にガスにて加工穴の側面に酸化膜が形成されていく。このようにして、穴が形成されるとともに当該穴の内壁に酸化膜が形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工物を、酸化作用を有するレーザ光透過性液体の中に浸漬した状態で、レーザ光を前記被加工物に照射して穴加工を行うと同時に当該穴の内壁に酸化膜を形成するようにしたことを特徴とする微細加工方法。

【請求項 2】 前記酸化作用を有するレーザ光透過性液体として、過酸化水素水を用いた請求項 1 に記載の微細加工方法。

【請求項 3】 前記酸化作用を有するレーザ光透過性液体を、循環させながらレーザ光を照射するようにした請求項 1 に記載の微細加工方法。

【請求項 4】 前記循環させたレーザ光透過性液体の液面に配置したレーザ光透過材を通してレーザ光を被加工物に照射するようにした請求項 3 に記載の微細加工方法。

【請求項 5】 加工槽と、  
前記加工槽の中に配置され、酸化作用を有するレーザ光透過性液体と、  
被加工物を、前記加工槽のレーザ光透過性液体の中に浸漬した状態で、レーザ光を前記被加工物に照射して穴加工を行うと同時に当該穴の内壁に酸化膜を形成するためのレーザ光源と、を備えたことを特徴とする微細加工装置。

【請求項 6】 前記酸化作用を有するレーザ光透過性液体として、過酸化水素水を用いた請求項 5 に記載の微細加工装置。

【請求項 7】 酸化作用を有するレーザ光透過性液体を満たしたリザーバタンクと、  
前記リザーバタンク内のレーザ光透過性液体を加工槽へ供給するとともに加工槽内のレーザ光透過性液体をリザーバタンクに戻すための液循環用ポンプと、を備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の微細加工装置。

【請求項 8】 レーザの光路上における循環させた前記レーザ光透過性液体の液面にレーザ光透過材を配置した請求項 7 に記載の微細加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、微細加工方法および微細加工装置に係り、詳しくは例えばシリコン基板等の被加工物に微細な穴加工を行うための方法および装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図 6 に示すように、デバイス（図 6 では MOS トランジスタを示す）Q 1、Q 2 が形成されたシリコン基板 3 0 に対して任意の場所に A 1 または C u 製貫通電極 3 1 を形成する場合、高アスペクト比の穴形成が必要であり、なおかつ周辺部との電氣的絶縁性を確保するために、穴内壁が酸化膜（S i O<sub>2</sub>）3 2 で覆われていることが必要になる。そこで、マイクロドリル等を

用いて貫通穴 3 3 を形成した後、その側壁部分に熱酸化膜 3 2 を形成しようとする、デバイス全体を電気炉内に投入する必要がある、他の部分への熱的影響が避けられないのは明らかである。また、加工穴 3 3 の側面部分に樹脂材料を塗布しようとする、工程が非常に困難になる。

【0003】一方、特開平 5 - 1 4 4 9 7 8 号公報には、レーザによってビアホール等の穴あけ加工をする際において、レーザ照射部分に酸素ガスを吹き付けながら加工することで、加工穴周辺を酸化させる手法が開示されている。しかし、大気中でこの手法により穴あけを行っても、加工穴周辺へ溶融のような熱的なダメージを与えることがある。これを回避すべくダメージを与えない程度にレーザの出力を小さくすると、穴あけ加工自体がほとんど進まなくなり、基板上の所定の場所に貫通穴を形成できなくなってしまう。

【0004】また、加工後の残渣を被加工物から効率よく除去して熱的なダメージを低減する手法として、特開平 6 - 3 3 3 9 1 0 号公報には、純水中に被加工物を設置し、加工用レーザと共に気泡発泡用レーザを照射して加工を行う方法も開示されている。しかし、純水中の加工では、シリコン基板に対して穴あけ加工を行うことはできても、その内壁を十分な厚みを持つ酸化膜で覆うことはできない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上記事情に鑑みなされたもので、その目的は、高アスペクト比を有する微細な穴加工を行うことができ、かつ、穴内壁に酸化膜を形成する工程を同時に達成することができる微細加工方法および微細加工装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に記載の微細加工方法によれば、被加工物を、酸化作用を有するレーザ光透過性液体の中に浸漬した状態で、レーザ光が被加工物に照射されて穴加工が行われると同時に当該穴の内壁に酸化膜が形成される。

【0007】また、そのために、請求項 5 に記載のように、装置構造として、加工槽と、加工槽の中に配置され、酸化作用を有するレーザ光透過性液体と、被加工物を、加工槽のレーザ光透過性液体の中に浸漬した状態で、レーザ光を被加工物に照射して穴加工を行うと同時に当該穴の内壁に酸化膜を形成するためのレーザ光源と、を備えたものを用いる。

【0008】このようにすると、酸化作用を有する液体（例えば、過酸化水素水；H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）中でレーザ光を用いて穴加工を行うときに、図 2 に示す如く、液体の気化現象により加工箇所から気泡（1 3）が発生し、上方に向かって移動していく。この発泡現象は、レーザ照射によって生じた加工先端部（Z 1）の溶融物を、気泡（1 3）に付着させる形で加工穴（1 1）の外部に排出させ

る効果がある。この効果は物理的な効果であり、液体の化学的な作用とは関係なく生ずることを発明者らは確認している。この効果によって溶融物が加工先端部（Z1）から効率的に排出され、レーザ光が加工先端部（Z1）に効率よく到達することで高アスペクト比の穴加工が可能になる。

【0009】一方、液体の化学的な酸化作用がレーザ光の照射によって加工先端部周辺（加工穴底面および底面近傍の側面）に誘起される。具体的には、上記の発泡現象によって生じた気泡（13）の中に酸化作用を有するガス雰囲気（14）が内在され、加工先端部周辺はレーザ光の照射によって常に局所的に高温状態にあるため、気泡（13）がこの領域で発生する際に被加工物（例えばシリコン）を酸化する。加工先端部周辺のうち、加工穴（11）の底面は加工の進行方向であり、貫通穴を形成した際には消滅するが、側面方向に形成された酸化領域はそのまま残り、加工の進行と共に側壁全面に酸化膜（12）が形成されていく。

【0010】このように、レーザ加工における加工雰囲気に着目し、酸化作用を有する液体中で加工することで、高アスペクト比を有する微細な穴加工を行うことができると同時に、穴内壁に酸化膜を形成する工程を同時に達成することができる。

【0011】ここで、請求項3に記載の微細加工方法のように、酸化作用を有するレーザ光透過性液体を、循環させながらレーザ光を照射するとよい。そのために、請求項7に記載のように、装置構造として、酸化作用を有するレーザ光透過性液体を満たしたリザーバタンクと、リザーバタンク内のレーザ光透過性液体を加工槽へ供給するとともに加工槽内のレーザ光透過性液体をリザーバタンクに戻すための液循環用ポンプとを備えたものを用いる。

【0012】このようにすると、長時間の加工を行ったときにおいて液の特性劣化を回避することができる。その結果、安定した加工を実現できる。また、請求項4に記載の微細加工方法のように、循環させたレーザ光透過性液体の液面に配置したレーザ光透過材を通してレーザ光を被加工物に照射するとよい。つまり、請求項8に記載のように、装置構造として、レーザの光路上における循環させたレーザ光透過性液体の液面にレーザ光透過材を配置する。

【0013】このようにすると、レーザ光透過性液体を循環させた時に液面が揺れてレーザ光が被加工物の表面で振れることが回避できる。その結果、安定した加工を実現できる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、この発明を具体化した実施の形態を図面に従って説明する。図1には、本実施形態における微細加工装置の全体図を示す。

【0015】微細加工装置は、シリコン基板2に穴加工

を行うための加工槽1を備えており、この加工槽1の中に、半導体よりなる被加工物としてのシリコン基板2がセットできるようになっている。セットされたシリコン基板2は水平状態で保持され、加工を施す面（加工面）が上向きとなる。また、加工槽1の中には、酸化作用を有するレーザ光透過性液体としての過酸化水素水4が満たされ、シリコン基板2が過酸化水素水4の中に浸漬されるようになっている。

【0016】一方、加工槽1とは離間した位置にリザーバタンク3が配置され、加工槽1とリザーバタンク3とは液供給パイプ5およびリターンパイプ6により接続されている。液供給パイプ5の途中には液循環用ポンプ7が配置されている。そして、液循環用ポンプ7の駆動によりリザーバタンク3内に満たされた過酸化水素水4が汲み上げられて液供給パイプ5を経て加工槽1に供給され、さらに、加工槽1の過酸化水素水4がリターンパイプ6を経由してリザーバタンク3内に戻される。より詳しくは、図1において加工槽1の右側から過酸化水素水4が供給されるとともに加工槽1の左側から過酸化水素水4が排出され、加工槽1の中のシリコン基板2の上面（加工面）を過酸化水素水4が通過していく。つまり、加工槽1の天井面より1mm程度の下方にシリコン基板2の上面が位置し、このシリコン基板2の上面と加工槽1の天井面との間を過酸化水素水4が流れていく。

【0017】このように、過酸化水素水4が液循環用ポンプ7の駆動により循環しており、これによりシリコン基板1に対し長時間の加工を行った際の液特性の劣化を防いでいる。

【0018】また、加工槽1の天井面には、レーザ光Lbを加工槽1の中に取り入れるための窓（透孔）8が形成され、この窓8にはレーザ光透過材15が嵌め込まれている。加工槽1における窓8の上方には集光レンズ9が配置され、この集光レンズ9がレーザ光源（発振器）10と光学的に接続されている。そして、レーザ光源（発振器）10からのレーザ光Lbが集光レンズ9にて集光され、窓8から加工槽1内のシリコン基板2に向かって照射されるようになっている。

【0019】ここで、窓8に設けたレーザ光透過材15は、レーザ光Lbの光路上において過酸化水素水4の液面に密着して配置されている。これにより、液循環用ポンプ7の駆動により過酸化水素水4を循環させた際に、加工槽1の中において過酸化水素水4の液面が揺れることによるレーザ光Lbのビーム集光点のシリコン基板2の表面での振れが抑制される。

【0020】なお、レーザ光透過材15の材質および板厚は、レーザ光透過材15の設置箇所においてレーザ光Lbの吸収が無視できる程度になるようにする。例えば、レーザ光透過材15の材質をガラスとし、板厚を薄くしてレーザ光透過性に優れたものとする。

【0021】また、前述のレーザ光源10として、本例

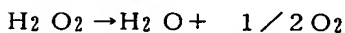
では、赤外域のYAGレーザ発振器を用いている。これは、過酸化水素水4はYAGレーザに対し透過性があり、液面から1mm程度の深さにシリコン基板2を設置する場合、液体中でのレーザ光の減衰を考慮しなくてもよいからである。

【0022】一方、加工槽1の中のシリコン基板2とレーザ光Lbの集光点とは、図示しない3軸走査装置により、前後・左右・上下方向（図中、X-Y-Z方向）に相対的に移動できるようになっている。つまり、レーザ光Lbの集光点とシリコン基板2（加工対象物）は、相対的にX-Y-Z軸方向に移動できるようになっており、シリコン基板2の表面の任意の場所に任意の形状の穴を形成できるようになっている。

【0023】次に、このように構成した微細加工装置を用いたシリコン基板の加工方法を説明する。まず、被加工物としてのシリコン基板2を加工槽1の中にセットし、液循環用ポンプ7を駆動して過酸化水素水4を循環させる。このようにして、循環する過酸化水素水（ $H_2O_2$ ）4中にシリコン基板2を浸漬した状態となる。

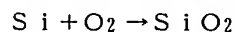
【0024】この状態で、レーザ光源（発振器）10からレーザ光Lbを発射させる。このレーザ光Lbは集光レンズ9にて集光され、集光されたレーザ光Lbは加工槽1の窓8からレーザ光透過材15を通して加工槽1内のシリコン基板2に照射される。このようにレーザ光Lbがシリコン基板2（被加工物）の表面における所望の加工位置に照射される。このレーザ光の照射により、図2に示すように、シリコン基板2の表面に所定形状および所定深さの穴11が形成される。

【0025】この穴加工時において、以下のメカニズムにて加工穴11の側壁に表面酸化膜12が形成される。図2に示すように、シリコン基板2での加工先端部Z1において、過酸化水素水4の気化により気泡13が発生する。発生した気泡13は、加工が行われている部位（穴11の底部）から浮上していく。このとき、レーザ照射によって生じた加工先端部Z1での溶融物が気泡13に付着して搬出されて加工穴11の外部へと排出される。この溶融物の効率的な排出にてレーザ光Lbが加工先端部Z1に効率よく到達して高アスペクト比の穴加工を行うことができる。同時に、過酸化水素水4は常温、常圧で比較的不安定な状態にあり、気化する際に容易に、次の反応、



を生じ、気泡13の内部に酸素（酸化に寄与するガス）が存在する。

【0026】一方、シリコン基板2での加工先端部Z1はレーザ光Lbが照射され続けることによって、常に高温状態にある。この部分で気泡13が発生するとき、上記の反応によって酸素が供給され、次の酸化反応、



が生じて、加工先端部Z1において、加工穴11の底面

および底面近くの側面のシリコンが酸化されて酸化膜12が生成される。穴加工においては底面方向（深さ方向）にシリコン除去が進行していくので、この領域Z1の中で側面に形成された酸化膜12はそのまま残り、最終的に穴11の側壁全体に酸化膜12が形成される。

【0027】このように、レーザ光Lbの照射により、穴11の形成と穴11の内壁での酸化膜12の形成とが同時に行われる。図3に、過酸化水素水（ $H_2O_2$ ）4中での加工法によってシリコン基板2に形成した微細穴11の内壁表面の組成をオージェ電子分光によって調べた結果を示す。

【0028】また、比較のために図4に、化学的に不活性で、レーザ光Lbに対して透過性のあるパーフルオロエチレン（住友スリーエム社製、商品名：「フロリナート」）中で同様の加工を行った場合の、穴11の内壁表面の組成をオージェ電子分光によって調べた結果を示す。

【0029】図3と図4を比較すると、シリコン（Si）の信号強度に対する酸素（O）の信号強度が図4よりも図3の方が相対的に大きいことが分かる。このように、過酸化水素水4中での加工では、パーフルオロエチレン中の加工に比べて有意に多い酸素量が内壁表面上で確認された。これは、過酸化水素水4中で加工を行うことにより積極的に内壁表面を酸化させることができたからである。

【0030】なお、図4のデータ中においても自然酸化膜によるとみられる酸素（O）の存在が確認できるが、図3のデータは、それよりも多量の酸素が存在していることが確認でき、本実施形態による手法の優位性を示すものである。

【0031】図5、6に、図1に示す装置を用いて微細加工を行うと特に有益と思われる半導体装置の加工例を示す。図5は、シリコン基板20の表面に、酸化膜21で覆われた微細穴22を高密度に形成する場合である。この微細穴22を形成するために前述した装置および方法を用いる。そして、この微細穴22を形成した後に、微細穴22の中に金属材料を埋め込んで、埋め込み電極23によるキャパシタとする。こうした形状にすることで、平面上にキャパシタを形成する場合よりも表面積を稼ぐことができ、同一のキャパシタ占有面積ならばキャパシタの容量を増やすことができる。しかも、局所的に酸化作用を及ぼすので、基板20上の任意の場所にマスクを用いずにキャパシタを形成することができる。

【0032】図6は、AlまたはCu製貫通電極31を形成する場合である。シリコン基板30にデバイスQ1、Q2を形成した後に、デバイスQ1、Q2を保護膜（例えば酸化膜）34で覆う。この基板30に対し、前述した装置および方法により貫通穴33を形成するとともにその内面に酸化膜32を形成する。そして、金属材料を埋め込んで貫通電極31とする。この貫通電極31

により基板 30 の裏面方向へ配線を引き出すことができる。

【0033】このように、本実施の形態は、下記の特徴を有する。

(イ) シリコン基板の微細加工方法として、シリコン基板 2 を過酸化水素水 4 の中に浸漬した状態で、レーザ光 Lb を被加工物に照射して穴 11 を形成すると同時に当該穴 11 の内壁に酸化膜 12 を形成した。このための装置構造として、加工槽 1 と過酸化水素水 4 とレーザ光源 10 とを備えたものとした。

【0034】このようにすると、過酸化水素水 4 の気化現象により加工箇所から気泡 13 が発生し、この気泡 13 により加工先端部 21 の溶融物を外部に排出させ、高アスペクト比の穴加工が可能になる。また同時に、気泡 13 中の酸素の働きにより穴 11 の側壁全面に酸化膜 12 が形成できる。よって、高アスペクト比を有する微細な穴加工を行うことができ、かつ、穴内壁に酸化膜を形成する工程を同時に達成することができることとなる。

(ロ) シリコン基板の微細加工方法として、過酸化水素水 4 を循環させながらレーザ光 Lb を照射するようにした。このための装置構造として、過酸化水素水 4 を満たしたリザーバタンク 3 と、リザーバタンク 3 内の過酸化水素水 4 を加工槽 1 へ供給するとともに加工槽 1 内の過酸化水素水 4 をリザーバタンク 3 に戻すための液循環用ポンプ 7 とを備えたものとした。

【0035】このようにすると、長時間の加工を行ったときにおいて過酸化水素水 4 の特性劣化を回避することができる。その結果、安定した加工を実現できる。

(ハ) シリコン基板の微細加工方法として、循環させた過酸化水素水 4 の液面に配置したレーザ光透過材 15 を通してレーザ光 Lb をシリコン基板（被加工物）2 に照射するようにした。つまり、装置構造として、レーザの光路上における循環させた過酸化水素水 4 の液面にレー

ザ光透過材 15 を配置した。

【0036】このようにすると、過酸化水素水 4 を循環させた時に液面が揺れてレーザ光が被加工物の表面で振れることが回避できる。その結果、安定した加工を実現できる。

【0037】これまで説明したものの他にも下記のように実施してもよい。酸化作用を有するレーザ光透過性液体は、過酸化水素水以外にも、キャロス溶液（ $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ）を用いたり、水の中の溶存酸素量を増やす添加剤を純水の中に添加して溶存酸素量を増やした液を用いることもできる。要は、レーザ光が透過可能な液体であって、レーザ光からの熱により少なくとも酸素を含む気泡を生成しうるものであればよい。

【0038】また、図 1 のレーザ光透過材 15 はガラスの他にも、樹脂製としてもよい。さらに、上述した実施形態においては被加工物としてシリコン基板を想定したが、半導体材料の他にも金属材料等を加工する場合に適用することができる。具体的には、Cu 板やアルミ板に穴加工する場合に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施形態における微細加工装置の全体構成図。

【図 2】 加工部の詳細説明図。

【図 3】 過酸化水素水を用いた場合の微細穴の内壁表面のスペクトル分析結果を示す図。

【図 4】 パーフルオロエチレン中での加工による穴の内壁表面のスペクトル分析結果を示す図。

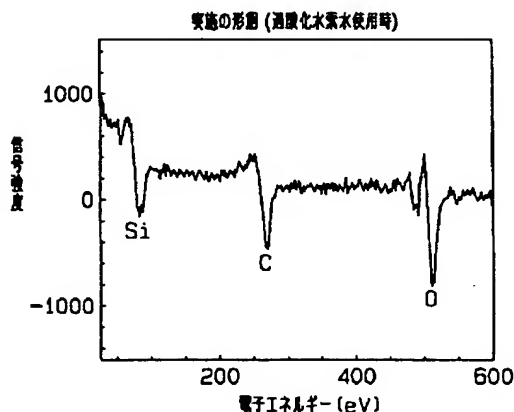
【図 5】 微細穴を有する半導体装置の断面図。

【図 6】 微細穴を有する半導体装置の断面図。

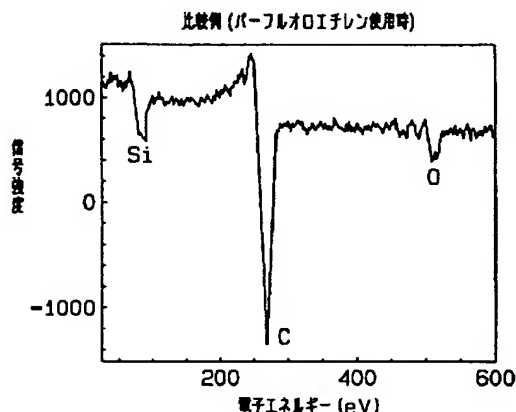
【符号の説明】

1…加工槽、2…シリコン基板（被加工物）、3…リザーバタンク、4…過酸化水素水、7…液循環用ポンプ、8a…レーザ光透過材、10…レーザ光源、11…穴、12…酸化膜、15…レーザ光透過材、Lb…レーザ光

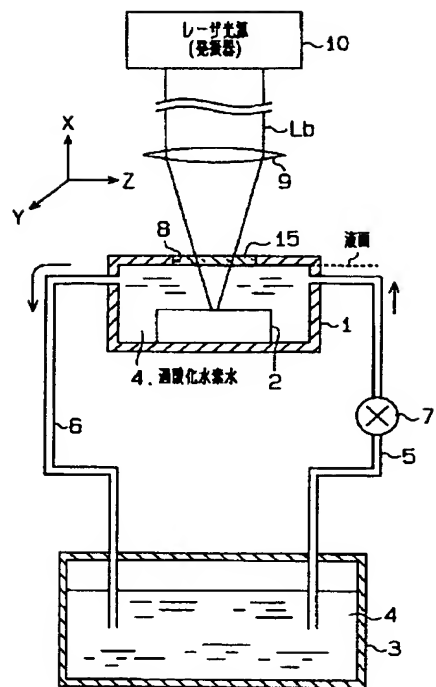
【図 3】



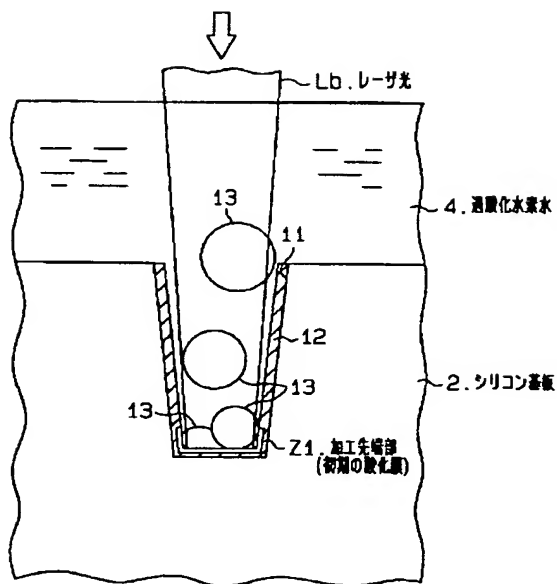
【図 4】



【図 1】



【図 2】



【図 6】

【図 5】

